

春播コムギ導入によるテンサイの短期輪作の可能性

今野 一男^{*1} 菊地 晃二^{*2} 宮脇 忠^{*2}

テンサイの短期輪作の可能性を明らかにするため、各種の輪作様式がテンサイの根の褐変程度および生育・収量に及ぼす影響について検討した。連作または短期輪作条件でのテンサイの生育・収量の低下要因は、生育初期における根の褐変の進行と、それに起因したリン酸の吸収能低下によるもので、これについては *Aphanomyces* などの土壤病原菌の関与が推察された。テンサイの根の褐変程度は、輪作年限だけではなく導入作物の種類によっても相違した。春播コムギを導入した場合、根の褐変程度は低下し、2年輪作でも生育・収量の低下はほとんど認められなかった。一方、バレイショ導入の場合には褐変程度の低下が判然とせず、3年輪作でも収量は春播コムギの2年輪作より劣った。以上の結果から、春播コムギを導入したテンサイの短期輪作の可能性が示唆された。

I 緒 言

テンサイは連作による収量低下が比較的大きい作物であり、安定した収量を長期間維持するためには4年以上の輪作年限が必要とされている^{5, 8)}。テンサイの連作または短期輪作に伴う収量低下は、各種の病害によるものとされているが、とりわけ *Aphanomyces* 菌による苗立枯病の発生（直播栽培の場合）^{1, 10, 13)}、または *Aphanomyces* 菌の側根への感染に伴う生育遅延（移植栽培の場合）^{7, 12)} が大きな要因とされている。しかし、このような土壤病害の影響は、輪作年限が同じ場合でもテンサイと組み合わせる作物の種類^{3, 12)} や土壌および施肥条件^{6, 7, 13)} などによって相違することが指摘されている。このことは、作物の選択や施肥および有機物管理等によって輪作年限のより一層の短縮が可能であることを示唆するものである。

一方、網走管内におけるテンサイの作付実態をみると、輪作年限は大部分が3年以内であり、特

に斜網東部地帯ではバレイショとテンサイを組み合わせた根菜類中心の短期輪作が大半を占めている。このような輪作様式は各種の土壤病害を発生させ、収量の不安定化や品質低下をもたらす要因となっていることから、コムギ等の導入を図り、それによって根菜類の作付頻度を減らすことが必要不可欠とされている¹⁰⁾。これまで、網走管内のムギ類の作付比率は高かったものの、大部分が秋播コムギのため根菜類との組み合わせが困難視されてきた。しかし、近年多収性の春播コムギ品種「ハルユタカ」が開発されたことにより¹⁴⁾、ムギ類とテンサイとの輪作は従来よりも現実的なものとなった。

以上のことを踏まえ、本報告では春播コムギを導入した輪作様式がテンサイの根褐変および生育・収量等に及ぼす影響を根菜類中心の輪作様式と比較し、移植栽培におけるテンサイの短期輪作の可能性について検討した。

II 試 験 方 法

1. 試験圃場の土壌条件

本試験は北見農業試験場の表層多腐植質黒ボク土で実施した。土性は壤土で、試験開始時の化学性は pH (H₂O) : 5.2~5.5, CEC : 35~40 meq/100 g, T-C : 8.0~8.8%, T-N :

1992年12月21日受理

^{*1}北海道立北見農業試験場（現、北海道立中央農業試験場稲作部、069-03 岩見沢市上幌向町）

^{*2}同上（現、北海道立中央農業試験場、069-13 夕張郡長沼町）

表1 輪作様式

処 理 区 分	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年
4 年 連 作	バレイショ	テンサイ	テンサイ	テンサイ	テンサイ
2 年 連 作 *P	バレイショ	テンサイ	バレイショ	テンサイ	テンサイ
" W	春播コムギ	テンサイ	春播コムギ	テンサイ	テンサイ
2 年 輪 作 P	テンサイ	バレイショ	テンサイ	バレイショ	テンサイ
" W	テンサイ	春播コムギ	テンサイ	春播コムギ	テンサイ
3 年 輪 作	春播コムギ	テンサイ	春播コムギ	菜 豆	テンサイ
"	テンサイ	バレイショ	春播コムギ	テンサイ	-

注) * : 1985年～1988年は2年輪作区に該当する。

0.58～0.63%, トルオーグ P_2O_5 : 25～30mg/100g, 交換性 K_2O : 20～25mg/100g, 交換性 MgO : 25～35mg/100g であった。

2. 輪作様式と有機物管理

1985～1989年の5カ年間の輪作様式を表1に示した。最終年度の1989年は全処理区にテンサイを作付し、4年連作区、2年連作区、2年輪作区、3年輪作区を設定した。なお、2年輪作区はバレイショ(P)および春播コムギ(W)との交互作とし、1989年は3周目に相当する。また、3年輪作区はテンサイー春播コムギー菜豆の組み合わせとしたが、1989年の場合にはテンサイーバレイショー春播コムギの3年輪作区を設定した。

有機物処理は、春播コムギの収穫跡地に次の3処理区を設定した。W1 : 麦稈搬出, W2 : 麦稈全量鋤込み, W3 : 麦稈全量鋤込み跡地に緑肥を導入。緑肥作物はレバナ(アブラナ科)を供試し、8月下旬に播種、10月下旬に鋤込んだ。播種時にN施肥として8～9kg/10aを硫酸で施用した。鋤込み時における緑肥の性状は各平均値で乾物重 : 450kg/10a, N含有量 : 9.0kg/10a, C/N比 : 20であった。なお、バレイショの収穫残渣物は全量鋤込みとし、菜豆の収穫残渣物は搬出した。

3. 栽培条件

テンサイ : 品種は「ハイラーベ」を供試し、移植は5月8～11日、収穫は10月19～21日に行なった。栽植密度は6944株/10a (60×24cm) とした。N施肥量は15kg/10aを標準とし、さらに必要に応じて0～22.5kg/10aの範囲で用量試験を実施した。共通肥料は、 P_2O_5 : 25kg/10a (過石1/2 + ようりん1/2), K_2O : 16kg/10a (硫加), FTE : 4kg/10aを施用した。試験規模は1区

面積17～20㎡とし、輪作様式および有機物管理を主試験区、N用量を副試験区とする分割区法3反復で実施した。

テンサイ以外の作物 : 品種はバレイショ「男しゃくいも」、春播コムギ「ハルユタカ」、菜豆「大正金時」を供試し、北見農業試験場の慣行法で栽培した。

4. テンサイの調査方法

根の褐変 : 土壌病原菌などによる根の生育障害を示す指標として側根の褐変程度を調査した。本試験では移植後1ヶ月程度経過した時点で1区20個体を抜き取り、次の基準に基づいて根の褐変程度を示した。

褐変程度 = Σ (各褐変指数 × 本数) / (4 × 総調査本数) × 100

(褐変指数 0 : 褐変なし, 同 1 : 側根の1部が褐変, 同 2 : 側根の半分程度が褐変, 同 3 : 側根の大部分が褐変, 同 4 : 側根の大部分と主根の1部が褐変し、側根量が著しく劣る)。

生育・収量・品質 : 乾物重は1区10株ずつ、収量は1区30株ずつ調査した。根中糖分、有害性非糖分であるアミノ態 N, K, Na および作物体の N, P 含量については常法で分析した。

Ⅲ 試験結果

1. 各種輪作様式におけるテンサイの根の褐変程度

最終年度の6月15日に調査したテンサイの根の褐変程度を図1に示した。

輪作様式間で比較すると、褐変程度は2年連作(P)区、2年輪作(P)区および4年連作区が最も高く、次いで2年連作(W)区の順であった。一方、2年輪作(W)区の場合には、3年輪作区

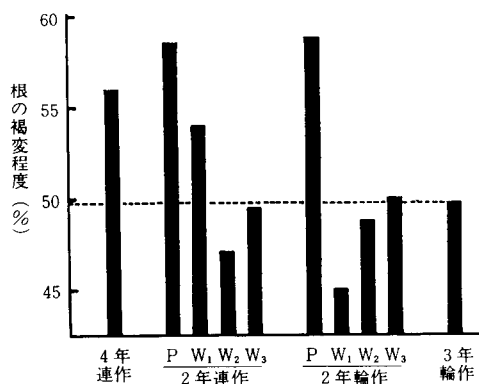


図1 各種輪作様式におけるテンサイの根の褐変程度

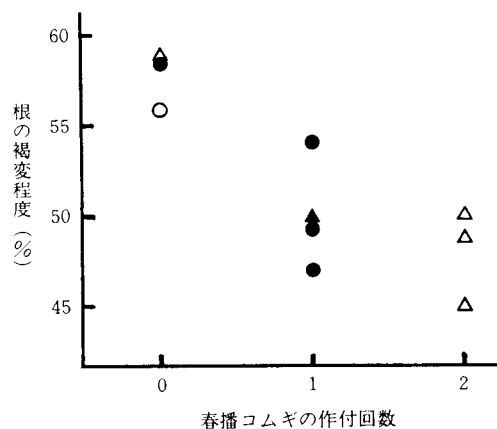


図2 前3年間における春播コムギの作付回数とテンサイの根の褐変程度との関係

○ 4年連作 ● 2年連作
△ 2年輪作 ▲ 3年輪作

と同程度か、ないしはやや低い値であった。このため、テンサイの根の褐変程度は、テンサイの輪作年限にかかわらず、前3年間における春播コムギの作付回数の多いものほど低くなる傾向であった（図2）。また、バレイショ導入の場合には褐変程度の低下が認められず、輪作の効果は判然としなかった。

一方、春播コムギ跡地での有機物管理の影響をみると、2年輪作テンサイの場合、麦稈搬出区の褐変程度が比較的良かったため麦稈、緑肥鋤込みの効果は判然としなかった。しかし、2年連作テンサイの場合には、麦稈全量鋤込みによって褐変

程度は低下する傾向がみられた。

2. テンサイの生育および窒素、リン酸吸収状況

最終年度の7月3日および7月24日に調査したテンサイの乾物重と窒素、リン酸吸収状況を表2に示した。乾物重をみると、両時期とも4年連作区、2年連作（P）区および2年輪作（P）区が劣る傾向であり、一方、春播コムギを導入した2年連作（W）区および2年輪作（W）区の場合は3年輪作区と同程度か、ないしはややまさる値を示した。また、窒素、リン酸吸収状況をみると、乾物重の劣る4年連作区、2年連作（P）区およ

表2 テンサイ生育中期の乾物重およびN、P吸収状況（N15kg/10a施用区）

処 理 区 分	乾物重		N吸収量		P ₂ O ₅ 吸収量		P ₂ O ₅ /N比	
	7月3日	7月24日	7月3日	7月24日	7月3日	7月24日	7月3日	7月24日
4年連作	83	92	84	100	68	76	80	76
2年連作 P	81	85	83	90	71	74	85	83
W1*	103	101	99	99	90	93	91	94
W2	112	104	107	102	99	103	92	101
W3	111	100	110	105	100	97	91	92
2年輪作 P	84	89	87	97	74	81	85	83
W1	110	100	114	91	100	98	88	108
W2	108	104	106	96	103	110	98	115
W3	116	101	119	106	102	100	86	95
3年輪作	183	649	7.0	16.3	2.3	5.8	0.33	0.36
	(kg/10a)		(kg/10a)		(kg/10a)			

注) 3年輪作区を100とする指数で示す。

*W1: 麦稈搬出, W2: 麦稈全量鋤込み, W3: 麦稈全量鋤込み+緑肥

び2年輪作(P)区は、窒素よりもリン酸の吸収量低下が大きかった。したがって、これらの処理区はいずれも P_2O_5/N 比が低い値を示した。

一方、乾物重および窒素、リン酸吸収状況と根褐変程度との関係を見ると(表3)、乾物重およびリン酸吸収量は両時期とも根褐変程度と有意な負の相関を示した。また、窒素吸収量の場合は、7月3日調査では有意であったが、7月24日調査では判然とせず、替わって P_2O_5/N 比が根褐変程度と有意な負の相関を示した。このことから、根褐変程度が高い処理区では、リン酸吸収の抑制によって乾物生産が低下したものと判断された。

3. テンサイの収量・品質に及ぼす輪作様式の影響

最終年度における標準的な窒素施肥条件でのテンサイの収量、品質を表4に示した。3年輪作区との比較で糖量をみると、4年連作区は3%、2年連作(P)区は8%、2年連作(W)区は4~

7%、2年輪作(P)区は6%それぞれ減収を示した。4年連作区は根中糖分が低く、2年連作(P、W)区および2年輪作(P)区は根重が劣り、かつ根中糖分も低かった。一方、春播コムギを導入した2年輪作(W)区の場合は根重が3~4%まさり、糖量でも2~3%の増収を示した。さらに、2年輪作(W)区は、バレイショを含む3年輪作区と比較した前年度の結果でも、根重および糖量がそれぞれ10%程度上回る値を示した(表5)。このことは、春播コムギの作付頻度が高く、かつ根菜類の作付頻度が低いものほど安定した収量が得られることを示すものである。

なお、不純物価は4年連作区、2年連作(P、W)区で高く、2年輪作区(P、W1~2)で低

表5 バレイショを含む3年輪作区と2年輪作(W)区のテンサイ収量(N15kg/10a施用区、1988年)

処理区分	根重 (t/10a)	根中糖分 (%)	糖量 (kg/10a)
3年輪作 W1	5.26	18.8	989
W2	5.32	18.8	1000
W3	5.36	18.5	992
(平均)	(5.31)	(18.7)	(993)
2年輪作 W1	5.81	18.8	1092
W2	6.07	18.7	1135
W3	5.90	18.1	1068
(平均)	(5.93)	(18.5)	(1098)

注) 3年輪作: テンサイ-バレイショ-春播コムギ-テンサイ

表3 テンサイの根の褐変程度と乾物重およびN、P吸収量との関係(相関係数)

項目	調査日(月/日)	
	7/3	7/24
乾物重	-0.878***	-0.863**
N吸収量	-0.876***	-0.240
P吸収量	-0.897***	-0.860**
P/N比	-0.557	-0.826**

注) 根褐変程度は6月15日調査。

** : 1%水準で有意, *** : 0.1%水準で有意。

表4 テンサイの収量・品質に及ぼす輪作様式の影響(N15kg/10a施用区)

処理区分	茎葉重	根重	根中糖分	糖量	不純物価	修正糖量
4年連作	118	102	96	97	107	97
2年連作 P	108	97	95	92	110	92
W1	102	93	99	93	96	93
W2	115	99	97	96	119	94
W3	115	96	99	95	106	95
2年輪作 P	112	96	98	94	98	94
W1	101	104	98	102	95	103
W2	96	103	100	103	99	103
W3	114	105	97	102	118	100
3年輪作	4.92 (t/10a)	5.57 (t/10a)	18.3 (%)	1020 (kg/10a)	3.58 (%)	904 (kg/10a)

注) 3年輪作区を100とする指数で示す。

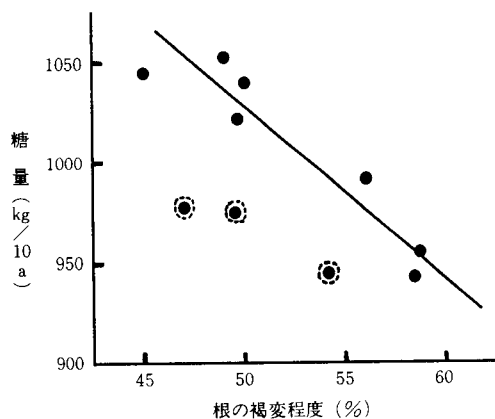


図3 テンサイの根の褐変程度と糖量との関係
注) ○は2年連作(W1~3)区

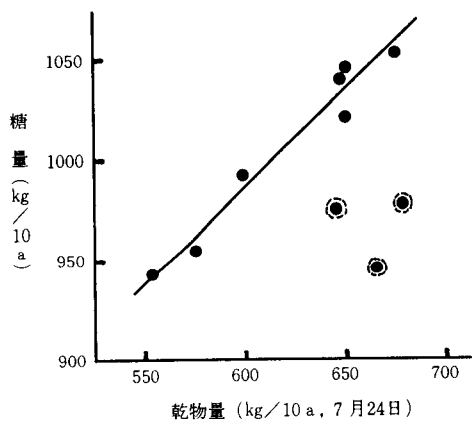


図4 テンサイ生育中期の乾物重と糖量との関係
注) ○は2年連作(W1~3)区

い傾向であったが、その差は修正糖量に大きく影響するほどのものではなかった。

4. テンサイの糖量と根の褐変程度、乾物重および窒素吸収量との関係

テンサイの糖量と生育初期の根の褐変程度および生育中期の乾物重との関係を図3、図4に示した。その結果、糖量は、春播コムギを導入した2年連作(W)区を除くといずれも褐変程度の低いものほど、また乾物重の大きいものほどまさる傾向を示した。このことから、テンサイの連作区や一部輪作区でみられた糖量の低下は、主として根の褐変程度の増加とそれに伴う生育抑制を反映し

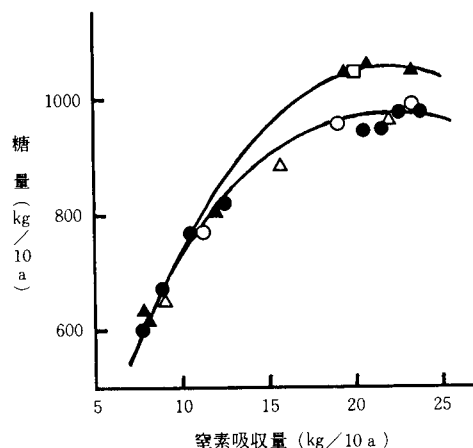


図5 輪作様式の相違がテンサイの窒素吸収量と糖量との関係に及ぼす影響
○ 4年連作 ● 2年連作 △ 2年輪作P
▲ 2年輪作W □ 3年輪作

た結果と判断された。

次に、窒素施肥量を変えて収穫期の窒素吸収量と糖量との関係を検討した結果を図5に示した。同一窒素吸収量で比較した糖量すなわち窒素の糖生産効率は、窒素吸収量の少ない条件(10~15kg/10a以下)では輪作様式の影響がほとんど認められなかった。このため、窒素施肥量が少ない場合には、窒素の肥効が高い緑肥やテンサイ茎葉を鋤込んだ2年輪作(W3)区および4年連作区が比較的高い糖量を示した。しかし、窒素吸収量が多くなると輪作様式間で糖生産効率の差が次第に大きくなり、最高糖量は3年輪作区および春播コムギを導入した2年輪作区(W)が、4年連作区、2年連作区(P, W)およびバレイショを導入した2年輪作区(P)と比較して明らかに高い傾向を示した。

以上のことから、春播コムギの導入は、窒素が不足する条件ではその効果が判然としなかったが、適正な窒素施肥条件では根の褐変程度の低下をととして糖量水準の維持・向上に寄与した。

IV 考 察

テンサイの連作障害に関しては各種の病害の関与が指摘されている。本試験では、連作区および輪作区とも根腐病やそう根病の発生は認められず、また、移植栽培のため苗立枯病も認められなかった。褐斑病については生育後半に連作区でや

や発生が多かったが、一般標準防除により収量・品質等への影響は少なかったものと推測された。しかしながら、テンサイの生育・収量は連作区および一部輪作区で明らかに劣る傾向を示した。

本試験での連作区等における生育・収量の低下要因は、直接的にはリン酸の吸収抑制によるものとみなされた。すなわち、生育初期～中期におけるリン酸の吸収抑制が生育を遅延させ、結果として根重または根中糖分の低下をもたらしたと思われる。一方、リン酸の吸収抑制は、土壤の可給態リン酸の多少を反映したものではなく、根の褐変程度と密接な関係を示した(表3)。したがって、根の褐変に起因するリン酸吸収能の低下が生育・収量の制限要因になったと思われる。なお、このようなリン酸吸収能の低下は、すでに北見農試の長期連作圃場における直播テンサイでも報告されている⁵⁾。

一方、北見農試病虫予察科⁷⁾では、本試験圃場に隣接するテンサイ連作土壤において根の褐変が土壤殺菌により消失することを認め、さらに、根の褐変を誘発する各種の微生物を分離しこれを接種した結果、テンサイの生育を最も強く阻害するのは *Aphanomyces cochlioides* であることを明らかにした。また、松崎ら¹²⁾は、移植栽培でとくに病害の発生が観察されない場合でも、土壤病原菌である *Aphanomyces* 菌の側根への感染がテンサイの連作栽培における収量および糖分低下の一因となることを報告している。本試験においても、根の褐変程度と生育・収量とは密接な関係を示すことから、連作区等における生育・収量の低下要因は *Aphanomyces* などの土壤病原菌が関与したものと推察された。

そこで、このようなテンサイの連作に伴う土壤病害を輪作によって回避する観点から、輪作様式と根の褐変程度との関係を検討した。その結果、根の褐変程度は輪作年限だけでなく、テンサイと組合せた作物の種類によっても明瞭な相違が認められた。すなわち、春播コムギ導入の場合には2年輪作区でも3年輪作区並に低く、また、春播コムギの作付頻度が高いものほど褐変程度は低下する傾向を示した。一方、バレイショ導入の場合には、2年輪作区でも根の褐変程度は連作区並に高かった。

テンサイの生育・収量は、このような根の褐変

程度を反映して、春播コムギ導入の場合2年輪作区でも3周目までは3年輪作区より劣る傾向が認められなかった。しかし、バレイショ導入の場合には2年輪作区で生育障害が明瞭に認められ、また3年輪作区でも春播コムギの2年輪作区より収量が劣った。以上のことから、春播コムギの導入は *Aphanomyces* 菌などによる病害の発現を抑制する効果が大きかったと思われる。テンサイと春播コムギの組合せによる短期輪作の可能性が示唆された。これとは対照的に、バレイショのような根菜類を組み込んだ輪作の場合には4年以上の輪作年限が必要とみなされた。

松崎ら¹²⁾は、トウモロコシを組み込んだ3年輪作区はバレイショを組み込んだ3年輪作区よりも *Aphanomyces* 菌の検出率が低いことを報告している。また、トウモロコシやエンバク等のイネ科作物を前作に導入した場合 *Aphanomyces* 菌によるテンサイの病害が軽減された事例も報告されている^{2, 3)}。これらは、イネ科作物を組み込んだ輪作の重要性を示すものであり、本試験の結果と符合するものといえる。

次に、春播コムギを導入した条件での各種有機物管理がテンサイの根の褐変程度に及ぼす影響をみると、麦稈全量鋤込みの場合、1作目テンサイに対する影響は判然としなかったが、2年連作テンサイに対しては輪作区並に低く維持する効果が認められた。このことから、麦稈の多量施用は連作障害の軽減に役立つ可能性が示唆された。一方、緑肥導入の場合は、1作目および2年連作テンサイとも判然とした効果は認められなかった。一般の輪作条件では、テンサイの生育・収量に対する緑肥の効果は、鋤込み時のC/N比の低いものほど大きい傾向が認められる¹¹⁾。しかし、マメ科緑肥の鋤込みで苗立枯病を助長する危険も指摘されている²⁾。本試験ではアブラナ科の緑肥を供試したが、イネ科、マメ科についても短期輪作条件での検討が必要と思われる。

なお、北見農試圃場で実施中の長期連輪作試験⁴⁾では、エンバクを導入した2年輪作区の直播テンサイの収量はすでに2～3周目から苗立枯病などにより顕著な低下を示しており、前述のようなイネ科作物導入の効果は確認できなかった。*Aphanomyces cochlioides* によるテンサイの病害の発現については、土壤の可給態リン酸や施肥

リン酸を高めると軽減されることが認められている^{2・6・7・8)}。このため、テンサイの作付頻度の高い圃場では可給態リン酸を土壤診断基準の上限値程度(30mg/乾土100g)に維持することが必要とされている⁶⁾。しかし、長期連輪作試験⁴⁾の可給態リン酸含量は7mg/乾土100g、リン酸施肥量は11kg/10aといずれも現行の基準より著しく低レベルであり、このことが病害の発現を大きくした要因と考えられた。したがって、このようなリン酸レベルの低い条件での短期輪作の可能性については今後さらに検討が必要と思われる。

謝辞 本報告の取りまとめに際し、ご校閲の労を賜った北海道立中央農業試験場古山芳廣農産化学部長、土屋貞夫病虫部長、さらに、貴重な助言を頂いた北海道立北見農業試験場研究部病虫科清水基滋研究員に深く感謝する。

引用文献

- 1) 阿部秀夫. “テンサイの直播栽培における苗立枯病(特に *Aphanomyces cochlioides*)の発生消長と防除”. てん菜研究会報, 17, 63-70(1976).
- 2) Coons, G.H.; Kotila, J.E.; Bockstahler, H.W. “Black root of sugar beets and possibilities for its control”. Proc. of Am. Soc. Sugar Beet Technol. 4, 364-380 (1946).
- 3) Deems R.E.; Young, H.C. “Black root of sugar beets as influenced by various cropping sequences and their associated microflora”. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 9, 32-43(1956).
- 4) 北海道立北見農業試験場. “畑作物の連輪作に関する試験成績”. 昭和46年度北海道農業試験会議資料. 1972. 38p.
- 5) 北海道立北見農業試験場. “畑作物の連・輪作に関する長期試験”. 北見農試資料. 第3号, 1981. 89p.
- 6) 北海道立北見農業試験場. “畑作物の連・輪作に関する試験成績(追補)”. 昭和59年度北海道農業試験会議資料. 1985. 30p.
- 7) 北海道立北見農業試験場. “てんさいの糖分向上阻害要因の解明と対策試験-病原藻菌類による生育阻害の解明と対策試験-”. 昭和62年度北海道農業試験会議資料. 1988. 40p.
- 8) 北海道立北見農業試験場, 十勝農業試験場. “てん菜の短期輪作栽培における収量, 糖分の変動解析試験成績書”. 昭和59年度北海道農業試験会議資料, 1985. p. 1の1-3の2.
- 9) 石塚嘉明, 横田勝徳. “甜菜の連作障害に関する研究. 第1報, 甜菜の連作による収量低下の実態と立枯病との関連”. 日土肥誌. 38, 345-350(1967).
- 10) 鎌田賢一, 菊地晃二. “網走管内の畑作経営における輪作様式の実態と問題点”. 北農. 53(3), 17-30(1986).
- 11) 今野一男, 菊地晃二, 宮脇 忠. “麦類跡地における緑肥導入がてん菜の生育収量に及ぼす影響”. 北農. 58, 294-300(1991).
- 12) 松崎康範, 吉田俊幸, 三分一 敬. “連輪作跡地土壌の評価とテンサイの連作障害に関する一考察”. てん菜研究会報. 24, 115-123(1982).
- 13) 成田保三郎. “*Aphanomyces cochlioides*による連作テンサイ苗立枯病と土壌の理化学性, 微生物性”. 日土肥誌. 54, 335-339(1983).
- 14) 尾関幸男, 佐々木 宏, 天野洋一, 土屋俊雄, 前野真司, 上野賢司. “春播小麦新品種「ハルユタカ」の育成について”. 北海道立農試集報. 58, 41-54(1988).

Possibilities for Short-term Rotation Systems of Sugar Beets Including Spring Wheat Crop

Kazuo KONNO*, Kouji KIKUCHI** and Tadashi MIYAWAKI**

Summary

In order to clarify the possibilities of short-term rotation systems of sugar beets grown under the transplanting cultivation, the field experiment on continuous and rotated cropping was carried out at High-humic Andosols in Abashiri district during the period 1985–1989. The results obtained were as follows.

1. The growth and yields of sugar beets were considerably influenced by the previous cropping practices, and the growth retardation and yields decrease was observed in continuous and some short-term rotated cropping plots. The growth retardation was due to the inhibition of phosphorus uptake, which was parallel to the degree of the browning of lateral roots at early stage of the growth. It was assumed that the browning of lateral roots was caused by such soil-born pathogenes as *Aphanomyces cochlioides*.

2. The degree of the browning of lateral roots differed not only according to the frequency of beet cultivation, but also according to the preceding crops. Spring wheat-sugar beet sequence obviously depressed the browning of lateral roots, and the degree of the browning was decreased with increasing percentage of spring wheat. On the other hand, potato-sugar beet sequence did not showed any depressing tendency with the browning of lateral roots.

3. In the case of the 2-year rotation system including spring wheat, there were no declines in growth and yields of sugar beets over 5 year periods from 1985 to 1989. However, in the case of the crop rotation combined with potato and sugar beet, 4-year or more rotation period might be needed for the stability of the yields.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Paddy rice Dev. Iwamizawa, Hokkaido, 069–03 Japan

**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069–13 Japan